

APLIKASI CITRA LANDSAT DAN SIG UNTUK PEMANTAUAN GARIS PANTAI PULAU NUSA PENIDA TAHUN 1973, 1978, 1995, 2000, DAN 2013

Noviani Jatiningrum
noviani.jatiningrum@mail.ugm.ac.id

Hartono
hartonogeografi@geo.ugm.ac.id

ABSTRACT

This research aims (1) to know result of shoreline identification and mapping in Nusa Penida Island by using Landsat extraction, (2) to describe shoreline changes of Nusa Penida Island in 1973, 1978, 1995, 2000, and 2013; (3) to understand the influence of internal and external factors to shoreline changes. The method is used a manual image interpretation monoskopis and processing of GIS. The results showed that (1) shoreline identification of Nusa Penida Island from Landsat images in the polyline form has an average error 8% for the perimeter parameter from the reference map, while in the polygon form they have an average error of 0.6%. (2) Shoreline of Nusa Penida Island in 1973, 1978, 1995, 2000 and 2013 are relatively stable. They have abrasion process due to steep seabed profile and its spread along the flat coast in Sentral, southern Toyapakeh, and Mentigi beaches. Pro-delta potential formation is developed in the southern of Suana Beach due to the activity of the sloping seabed profile and flat reef (segmen C). (3) The influence of internal and external factors of abrasion in Nusa Penida have not changed its shoreline.

Keywords : Small Island (Nusa Penida), Landsat , Shoreline changes

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil identifikasi dan pemetaan garis pantai Pulau Nusa Penida ekstraksi Citra Landsat, mengetahui perubahan garis pantai Pulau Nusa Penida tahun 1973, 1978, 1995, 2000, dan 2013, dan mengetahui pengaruh faktor internal dan eksternal pulau terhadap perubahan pantai tahun kajian. Metode yang digunakan adalah interpretasi citra manual monoskopis dan pengolahan SIG dengan hasil 1. Identifikasi dan pemetaan garis pantai Citra Landsat Pulau Nusa Penida dalam bentuk garis mempunyai kesalahan rata-rata 8%, bentuk polygon mempunyai kesalahan rata-rata 0,6% dari peta acuan; 2. Perubahan garis pantai Nusa Penida tahun 1973, 1978, 1995, 2000 dan 2013 relatif stabil, ditemukan abrasi sepanjang pantai datar akibat profil dasar laut yang curam yang tersebar di Kampung Sentral, Desa Toyapakeh bagian selatan, Kampung Mentigi. Potensi terbentuknya pro delta terdapat di Pantai Suana bagian selatan akibat aktifitas profil dasar laut yang landai dan adanya hamparan terumbu karang (segmen C); 3. Pengaruh karakter internal dan eksternal terhadap abrasi yang terjadi di Nusa Penida belum sampai merubah posisi garis pantai.

Kata kunci : Pulau Kecil (Nusa Penida), Landsat, Perubahan Garis Pantai

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan, dimana laut bukan obyek pemisah namun sebaliknya yaitu obyek penyatu dalam Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI). Pulau kecil yang mempunyai karakter fisik yang lebih sederhana menjadikan pulau ini rentan akan degradasi lingkungan.

Pulau Nusa Penida merupakan pulau kecil memiliki topografi/relief yang berbukit, dengan pantai pasir putih, ada sea stack, notch dan ekosistem perairan dangkal. Potensi tersebut dapat hilang jika tidak diketahui karakteristik internal dan eksternalnya. Agar potensi tersebut dapat lestari maka perlu monitoring garis pantai. Citra Landsat mampu mengidentifikasi karakteristik pulau tersebut secara kontinyu.

METODE PENELITIAN

Alat

- a. Seperangkat komputer/laptop dengan spesifikasi menyesuaikan perangkat lunak pengolah
- b. Perangkat lunak ENVI 4.5
- c. Perangkat lunak ArcGIS 9.3

Bahan

- a. Data citra satelit Landsat MSS bulan Oktober dan Desember tahun 1972, dan tahun 1973
- b. Data citra satelit Landsat TM tahun 1995, 2000, 2005, bulan April, Juni, November 2013
- c. Peta Topografi Helai Nusa Penida Nomor 63/XLV-A dan 63/XLV-B tahun 1978.
- d. Peta LPI tahun 1993 Pulau Nusa Penida skala 1:50.000.
- e. Peta Rupa Bumi Pulau Nusa Penida skala 1:25.000 nomor 1807-113, 1807-131, 1707-342, dan 1707-324 tahun 1999.
- f. Peta arus permukaan laut tahun 2003.
- g. Data pasang surut seluruh tahun 1972, 1995, 2000, 2013.

Cara Penelitian

1. Pra Pemrosesan Data

Pada tahap pra pemrosesan data ini dimaksudkan masing – masing sumberdata (Citra Landsat dan peta) mempunyai sistem koordinat yang sama dan siap dilakukan pemrosesan lebih lanjut. Tahap yang dilakukan dalam pra pemrosesan meliputi : (1) koreksi Geometrik dan transformasi proyeksi/datum agar dapat dilakukan perbandingan dan pemantauan setiap tahun yang diteliti; (2) Komposit Citra untuk mempertajam kenampakan garis pantai dari karakteristik pantulan spektral terhadap obyek pantai. Metode interpretasi garis pantai terbaik menurut Winarso, 2001 dalam Arief, 2008 adalah interpretasi visual Landsat TM7 komposit 543. Dikarenakan ada sedikit pergeseran penomoran spektral pada Landsat TM 8 sehingga peneliti menganalisis komposit 543 pada TM7 memiliki kemiripan karakter dengan komposit 654 pada TM8.

Pemetaan Parameter Fisik

Pemetaan parameter fisik dipilih berdasarkan dari obyek-obyek yang dapat disadap Citra Landsat sebagai data primer, peta-peta pendukung, dan data –data sekunder lain untuk menganalisis perubahan pantai Nusa Penida ini. Data fisik tersebut meliputi : (1) Pembuatan Peta Relief, informasi relief ini dibuat DEM dan diklasifikasikan equal interval 9 klas; (2) Pembuatan kemiringan lereng pantai: pantai dibatasi antara elevasi 0 - 100m diatas permukaan air laut dari data kontur yang dibuat DEM kemudian diklasifikasikan berdasar pada Pedoman Penyusunan Pola Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah, 1986 ada lima (5) kelas lereng (%); (3) Pembuatan peta profil dasar laut dari kontur Peta LPI skala 1:50.000. Data ini dibuat DEM perairan. Peta relief pulau dan profil dasar laut dibuat hillshade agar

mudah dianalisis; (4) Pembuatan Peta Sungai dan Permukiman dibuat berdasarkan penyalinan sungai peta RBI skala 1 : 25.000; (5) Pemetaan garis pantai menggunakan data primer tahun 1972(2), 1973, 1995, 2000, 2005, dan 2013(3) dan data pelengkap yaitu Peta Topografi lama (1978) Daerah Nusa Penida.

2. Tahap Input

Metode integrasi PJ dan SIG meliputi tahapan komposit citra, georeferensing, interpretasi manual monoskopis (digitasi) garis pantai Pulau Nusa Penida.

Tahun Perekaman	Panjang Tutupan Awan (m)	Keliling Pulau (m)	% Panjang Awan di Pantai	Akurasi (%)
1972 (1)	8155,61	65454,16	12,5	87,5
1972 (2)	1372,62	69850,99	2,0	98,0
1973	-	70761,02	0,0	100
1995	12101,60	69844,03	17,3	82,7
2000	12965,43	67918,15	19,1	80,9
2005	Haze	72147,91	0	85
2013 (1)	17942,59	70875,50	25,3	74,7
2013 (2)	25847,22	59359,42	43,5	56,5
2013 (3)	13363,73	69979,38	19,1	80,9
Keliling Pulau Acuan		73443 m		

(Sumber : Pengolahan SIG, 2013)

3. Tahap pemrosesan

Pengolahan data dilakukan dalam rangka monitoring garis pantai dan mengetahui kemampuan citra akibat adanya tutupan awan dan adanya perbedaan resolusi spasial. Tahap pemrosesan ini menggunakan pengolahan SIG yang terbagi atas pengolahan data spasial dan atribut.

4. Tahap Penyelesaian

Tahap penyelesaian penelitian pemantauan garis pantai ini dilakukan dengan

analisis terhadap peta garis pantai, peta relief, peta sungai, dan hasil pengamatan lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisa Kualitas Data

Kualitas data dapat dinilai dari prosentase tutupan awan dan kualitas visual citra.

Prosentase awan

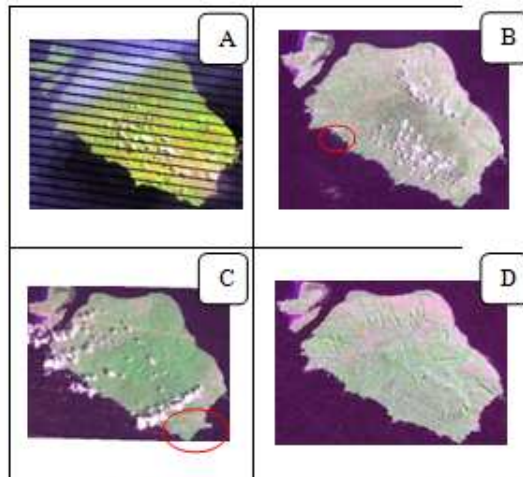
Adanya tutupan awan membuat kualitas data menjadi buruk. Informasi obyek (garis pantai) akan hilang dengan adanya tutupan awan. Oleh karena itu, dalam hal mengetahui kemampuan Citra Landsat kaitannya terhadap interpretasi garis pantai perlu adanya perhitungan prosentase awan yang menutupi Pulau Nusa Penida.

Tabel.1. Prosentase tutupan awan citra

Dari tabel 1 dapat dianalisis semakin tinggi prosentase tutupan awan semakin rendah kualitas citra sebagai sumberdata. Prosentase tutupan awan terendah yaitu citra Landsat MSS tahun 1973 yaitu 0% dari keliling pulau acuan. Artinya kualitas citranya baik, interpretasi garis pantai dapat dilakukan tanpa ada gangguan awan. Sementara prosentase tutupan awan tertinggi terdapat pada citra perekaman tahun 2013 (2) sebesar 43% dari keliling pulau acuan. Ditinjau prosentase tutupan awan per perekaman citra secara keseluruhan mempunyai kualitas yang buruk karena prosentase awannya lebih dari 10%. Kualitas citra dari prosentase tutupan awan yang buruk diantisipasi peneliti dengan melakukan metode pengelompokan garis pantai per tahun.

Kualitas visual citra

Kualitas visual citra dapat membaik dan memburuk bila sistem internal citra tidak bekerja dengan baik. Seperti kerusakan SLC (scan line corrector) pada Citra Landsat 2005, adanya tambahan identifikasi daratan yang tidak stabil seperti citra perekaman bulan Oktober dan Desember 1972. Berikut kenampakan visual citra yang digunakan.



Gb. 1. Kenampakan visual citra. A: Landsat TM 2005, B: Landsat MSS Oktober 1972, C: Landsat MSS Desember 1972, dan D: Landsat MSS Juni 1973

Gambar 1A terdapat kenampakan berstripping akibat kerusakan sistem internal citra yaitu SLC. Sementara kesalahan kecondongan penyiam, kecepatan kaca penyiam saat perekaman diuga menjadi sebab adanya tambahan daratan seperti terlihat pada gambar 1B dan 1C. Peneliti menganalisis adanya tambahan daratan ini akibat kesalahan sistem saat perekaman karena pada citra lain dengan perekaman waktu yang dekat tambahan daratan tersebut tidak nampak (Gambar 1D). Kenampakan seperti pada gambar 1 A, B, dan C tentunya dapat mengecoh proses interpretasi.

2. Pemetaan garis pantai

Pemetaan garis pantai dari data citra melalui proses pra pemrosesan dengan tahap komposit citra, kemudian dilanjutkan dengan tahapan

SIG meliputi input, pemrosesan, sampai keluaran.

a. Pra Pemrosesan Citra

Komposit citra dilakukan untuk memperjelas kenampakan garis pantai citra menuju proses interpretasi.

b. Input

Georeferencing

Georeferencing selalu mengacu pada sistem proyeksi dan penggunaan datum yang sama yaitu datum DGN 1995 proyeksi transverse mercator (TM) zona 50L. Citra Landsat TM dan MSS menggunakan proyeksi TM dengan datum WGS'84, walaupun datum tersebut mempunyai kemiripan posisi dengan DGN'95 namun tetap dilakukan transformasi ke proyeksi TM datum DGN 1995. Kemudian georeferencing pada peta RBI, LPI, Topografi dilakukan dua tahap. Tahap yang pertama yaitu registrasi koordinat sesuai datum, proyeksi sumber pembuatan masing-masing peta kemudian baru ditransformasi sesuai peta acuan. Masing masing peta tergeoreferencing dengan RMS dibawah 0,5 dan hasilnya semua peta berada pada satu lokasi dan saling bertampalan.

Analisis Data Pasang dan Surut

Berdasarkan hasil validasi tanggal dan jam perekaman dengan prediksi ketinggian air laut, diketahui ketinggian saat MSL 1,3 m dan kondisi pantai saat perekaman masih berkisar ketinggian MSL. Mempertimbangkan julat pasang dan surut yang kurang dari 2m (*microtidal*), generalisasi data citra dengan resolusi 30m, kemiringan pantai Nusa Penida yang didominasi oleh lereng curam maka variabel pasang dan surut diabaikan.

c. Pengolahan dan Analisis

Interpretasi Garis Pantai

Tahap interpretasi visual monoskopis dijadikan metode dalam penelitian ini untuk membatasi darat-laut (pantai). Pengidentifikasi pantai komposit citra 543 berada antara warna hitam gelap (tubuh air) dan warna hijau/cyan (vegetasi/tanah). Nilai pantulan yang diberi warna merah yaitu obyek yang memantulkan gelombang 5, warna hijau untuk obyek yang memantulkan gelombang 4, dan warna biru untuk obyek yang memantulkan gelombang 3. Dalam interpretasi garis pantai warna dapat mengecoh identifikasi obyek, seperti contoh, warna gelap dapat diartikan zona laut atau masih zona daratan karena adanya bayangan akibat topografi curam atau bayangan awan yang berada di sekitar pantai.

3. Analisis Hasil

Peta garis pantai

Berdasarkan peta interpretasi garis pantai Pulau Nusa Penida tahun 1973, 1978, 1995, 2000 dan 2013 dapat dianalisis, kenampakan garis pantai citra tahun 1973 terlihat melampaui garis pantai peta acuan, hal ini dikarenakan resolusi spasial citra tahun 1973 lebih besar luasan tiap pikselnya yaitu 80m. Resolusi 80m menghasilkan digitasi yang over estimate dan membentuk liukan pantai lebih sederhana dibanding hasil digitasi citra resolusi 30m (lebih detail).

Analisis kedua yaitu hasil interpretasi garis pantai tahun 1978 ekstraksi data peta topografi selalu mendekati garis pantai peta acuan. Namun ada beberapa obyek tidak menggambarkan liukan pantai tajam yang tergambar pada peta acuan.



Gb.2. Hasil ekstraksi garis pantai multi atau hasil interpretasi dengan luas acuan

Analisis

Atribut Garis Pantai

Asumsi yang digunakan adalah ketika luas dan keliling hasil interpretasi citra dan peta topografi mendekati nilai luas dan keliling acuan, maka dapat dikatakan hasil interpretasinya baik.

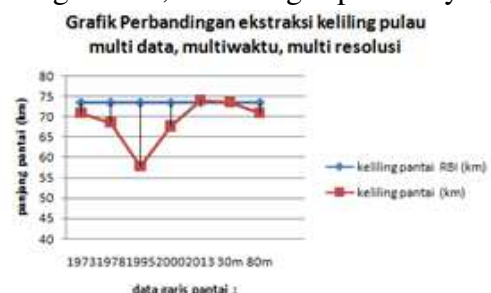
Luas pulau

Grafik 3 dapat dianalisis sesuai asumsi yang digunakan, hasil interpretasi luas pulau terbaik berturut turut interpretasi tahun 2013, 1978, 2000, 1973, dan 1995. Data citra tahun 2013 mempunyai selisih 0,3km²; 1978 dengan selisih 0,4km²; 2000 dengan selisih 0,6km²; 1973 dengan selisih 2,1km²; dan 1995 dengan selisih 5,8km². Dari data tersebut dapat diketahui interpretasi terburuk adalah hasil interpretasi citra tahun 1995.

Analisa pertama hasil interpretasi luas pulau tahun 1995 mempunyai akurasi yang buruk karena banyak informasi kosong akibat tutupan awan sehingga dapat menurunkan kualitas hasil. Analisa kedua, hasil interpretasi peta topografi skala 1:50.000 dengan datum dan proyeksi yang berbeda dengan peta acuan menghasilkan selisih -0,4km², artinya perbedaan luas pulau akibat perbedaan datum DGN'95 proyeksi TM dengan datum Bessel proyeksi LCO tidak terlalu besar.

Keliling Pulau

Bedasarkan asumsi yang digunakan, keliling pulau yang



Gb.4. Grafik perbandingan keliling pantai hasil interpretasi dengan keliling pantai acuan

mendekati nilai acuan berturut-turut terdapat pada hasil interpretasi tahun 2013 selisih 0,5km, diikuti interpretasi tahun 1973 dengan selisih 2,5km; 2000 dengan selisih 5,8km dan 1995 dengan selisih 15,6km.

Analisis pertama yaitu keliling pulau yang mendekati keliling acuan adalah interpretasi tahun 2013, dimana data ini mempunyai tutupan awan yang banyak, namun setelah menggunakan metode interpretasi gabungan beberapa citra dengan waktu yang berdekatan kualitas citra menjadi baik, dengan catatan pantai tidak berubah signifikan dengan cepat. Hasil interpretasi 3 kombinasi citra tahun 2013 yang lebih baik dibanding tahun 1995 (tidak berkombinasi).

Hubungan data luas dan keliling pulau

Tidak ada hubungannya nilai keliling dan luas pulau karena beda cara kerja perhitungan. Seperti contoh Perhitungan keliling semakin meliuk –liuk garis pantai semakin panjang, Sementara luas semakin besar semakin luas tidak peduli lekukan pantai. Perbedaan hasil interpretasi keliling dan luas pulau juga dipengaruhi oleh besarnya gangguan pada citra (stripping/awan).

Tabel perhitungan kesalahan hasil interpretasi citra Landsat

tahun	% error (luas)	% error (keliling)
1973	1,1	-3,5
1995	-3,0	-21,3
2000	-0,3	-7,9
2013	-0,2	0,7
rata-rata	-0,6	-8,0

Citra Landsat tahun 1973, 1995, 2000, 2013 menghasilkan selisih rata-rata 0,6% dan rata-rata 8% untuk identifikasi keliling, diketahui kesalahan interpretasi keliling pulau lebih besar dibanding interpretasi

luas pulau. Dari pernyataan diatas maka dapat dianalisa, perhitungan keliling membutuhkan ketelitian yang lebih besar daripada perhitungan luas karena setiap beda lekukan garis pantai lebih diperhitungkan pada pengukuran keliling daripada pengukuran luas.

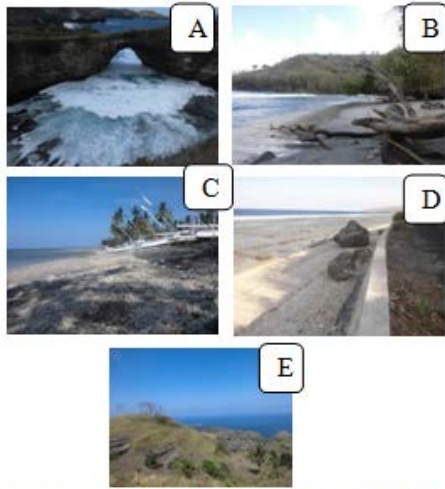
Hasil interpretasi luas pulau ekstraksi citra Landsat MSS (80m) memiliki interpretasi yang melebihi batas pantai pada peta acuan sehingga memiliki selisih 2,1 km² terhadap luas pulau acuan. Selisih tersebut lebih besar 2,3 km² dibanding selisih luas pulau citra resolusi 30m. Artinya semakin detail resolusi menghasilkan akurasi interpretasi luas pulau yang lebih baik.

Analisis hubungan antara hasil identifikasi keliling dan luas pulau dari peta topografi tahun 1978. Data tahun 1978 dapat mengidentifikasi luas pulau dengan baik dengan prosentase error 0,2%, namun identifikasi keliling pulau peta topografi termasuk buruk dibanding panjang pantai ekstraksi citra 2013 dengan error 6,6%. Artinya peta topografi dengan datum dan proyeksi yang berbeda jauh dengan peta acuan mempengaruhi bentuk pantai.

4. Kegiatan Lapangan

Lokasi sampel dipilih berdasarkan kondisi variabel kondisi relief, jenis material, muara sungai, dan keterbukaan pantai. Lokasi sampel menjabarkan empat segmen pantai yang sudah dipilih segmen : A pantai relief curam, profil dasar laut curam, dan terdapat muara sungai; B pantai relief landai-datar, profil dasar laut curam, ada muara sungai; C pantai relief sedang, profil dasar laut melandai, ada muara sungai; D pantai sangat curam, profil dasar laut melandai, ada muara sungai.

Peneliti mengunjungi 5 pantai yaitu pantai sampel 1, pantai arch, pantai toyapakeh, pantai buyuk, pantai suana, dan satu pantai



Gb5. Foto A: pantai arch, B: Pantai Sampel 1, C : Pantai Suana, D : Pantai Toyapakeh. E: Pantai Selatan pejukutan (E).

Gb.6 merupakan hasil



Gb.6. Formasi Selatan (A), dan formasi utara (B) pengamatan relief pantai pada saat lapangan yaitu pantai tebing dan pantai datar. Pantai datar terdapat pada 1/3 pulau bagian utara tepatnya di Desa Toyapakeh – Desa Suana keutara, sedangkan pantai tebing terdapat pada desa Sakti ke selatan sampai Desa Pejukutan ke selatan.(Gambar 6)

Muara sungai di sejumlah pantai Pulau Nusa Penida yang ber relief datar dan curam mempunyai kondisi yang hampir sama. Perbedaan nya, pada muara sungai pantai relief curam membentuk teluk dan diapit



Gb.8. Senderan Pantai Sentral rusak

dua tebing dengan pelinding pantai bis sumur dan batang pohon yang tumbang (Gb. 7, kanan). Material pada muara sungai pada pantai sampel 1 berupa tanah alluvial



Gb.7. Muara sungai di pantai segmen A(kiri), segmen B(kanan), (sumber foto lapangan Nov2013)

cokelat dan ditumbuhi berbagai macam pepohonan meliputi kelapa, pisang, dan pohon lain. Nampaknya aliran sungai jarang sekali terjadi, justru nampak tebing setengah meter pada jalur aliran sungai tersebut.

Kondisi pantai sepanjang pulau Nusa Penida bagian utara dilindungi oleh senderan seperti pantai di Toyapakeh, pantai Sentral, pantai Suana, dll. Kondisi senderan di pantai sentral dalam kondisi rusak (Gambar 8). Sementara pantai dengan kemiringan sedang hingga sangat curam masih berupa pantai alami seperti batu karang (sea stack), arch/notch, dan tebing terjal. Contoh pantai alami yang dikunjungi seperti pada sampel satu dan sampel arch.

Hasil wawancara dengan warga sekitar mengatakan abrasi pantai terjadi dengan hilangnya pantaidan rusaknya senderan sepanjang pulau bagian utara. Wawancara dengan bapak polisi setempat mengatakan abrasi di Pulau Nusa Penida berada di pantai kampung Sentral, dan pantai pasir Desa Toyapakeh paling selatan. Wawancara kedua Aan warga toyapakeh, beliau mengatakan pasir yang hilang akibat abrasi di pantai pulau bagian utara sekitar 4-5m/5tahun.

5. Analisa Lingkungan Fisik Pulau Nusa Penida – Garis Pantai

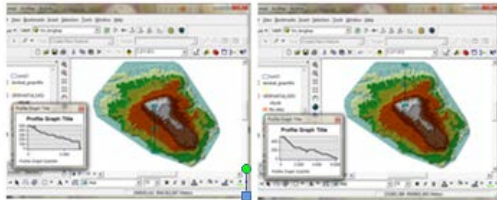
Lingkungan fisik mempunyai pengaruh yang besar terhadap perubahan garis pantai, dimana

semua aktifitas fisik pulau dan laut bertemu pada zona pantai

Lingkungan Fisik Internal Pulau

1. Analisa Relief Pulau

Relief dapat disajikan melalui pembuatan DEM. Hasil DEM sesuai gambar 9 dapat diketahui ketinggian



Gb.9. Profil relief puncak ke selatan (kiri), puncak ke utara (kanan)

dan torehan aliran air pulau. Dari simbol warna merepresentasikan ketinggian, abu-abu cerah adalah daerah paling tinggi menurun ketinggiannya sampai yang terendah yaitu biru cerah. Bagian puncak yang berwarna abu cerah bila ditarik ke utara sampai pantai mempunyai relief yang menurun dengan relief curam pada bagian sekitar puncak kemudian melandai ke elevasi yang lebih rendah, area dengan tipe profil seperti ini (gambar 9, kanan) disebut formasi utara. Sementara formasi selatan (gambar 9 bagian kiri) didominasi dengan dataran tinggi dengan lereng yang curam. Kedua formasi ini merupakan hasil pengangkatan tektonik yang dulunya berada di perairan dangkal. Torehan aliran air yang paling terlihat yaitu bagian timur dan dibagian barat bersamaan dengan batas formasi utara dengan formasi selatan.

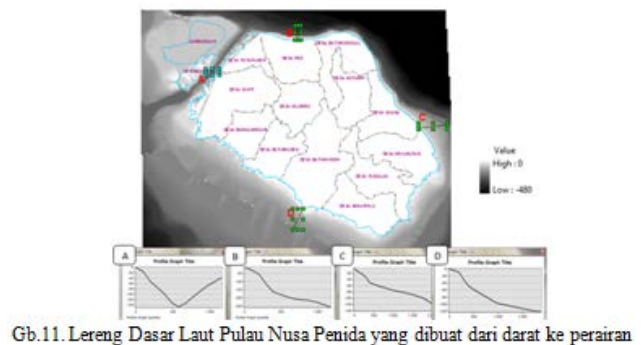
Peta kemiringan slope mempunyai slope 5 (lima) kelas, tergambar slope dengan warna coklat tua menandakan slope curam, semakin terang warna coklatnya semakin landai. Dari peta kemiringan lereng pantai Gambar 10 dapat diketahui slope pantai formasi selatan lebih curam dan berbukit dibanding formasi utara. Hal ini menandakan relief



Gb.10. Kemiringan Lereng Pantai Nusa Penida

formasi selatan lebih tinggi sehingga tak heran jika bukit-bukit karst lebih berkembang baik pada formasi selatan.

Profil dasar laut dibuat atas empat segmen (Gambar 11). Empat segmen pantai dibedakan atas lereng pantai dan jenis perairan. Pembuatan profil pantai berfungsi mengetahui peran gelombang dan arus susur pantai dalam menggerakkan sedimen pantai. Bila profil dasar laut curam maka aktifitas gelombang/arus lebih banyak mengikis tepian tebing daripada mengendapkan, begitu pula sebaliknya. Profil pantai tidak ada hubungan dengan profil dasar laut, namun diantara keduanya saling mempengaruhi. Profil pantai bagian utara yang berrelief landai memiliki profil dasar laut yang lebih curam dibanding profil dasar laut pantai bagian selatan (Gambar 11 profil B



Gb.11. Lereng Dasar Laut Pulau Nusa Penida yang dibuat dari darat ke perairan

dan D).

Profil dasar laut yang curam akan mempercepat proses perpindahan sedimen ke dasar laut karena mempunyai arus balik yang lebih kuat sehingga proses yang dominan yang terlihat dipermukaan adalah abrasi. Berbeda dengan profil dasar

yang berlereng melandai seperti pada pantai segmen C, tepatnya di Desa Suana, proses sedimentasi lebih mungkin terdeteksi dari citra Landsat TM. Terbukti dengan adanya kenampakan pro delta (Gb 12) yang menandakan zona tersebut termasuk perairan dangkal.

Dari konsep profil dasar laut diatas maka proses abrasi yang dominan berturut-turut segmen A, B, D, dan C. Profil tersebut dibuktikan



Gb.12. Pro delta akibat sedimentasi gelombang dan arus (lingkaran merah)

dengan adanya rusaknya senderan pantai pada segmen B tepatnya bagian Pantai Sentral (gambar 8), dan menghilangnya pasir pada perbatasan pantai datar dan tebing di Desa Toyapakeh.

2. Analisa Sungai/Aliran Air

Pola aliran sungai peta RBI (gambar 13, kanan) lebih detail dibanding identifikasi pola aliran dari citra landsat (gambar 13, kiri),

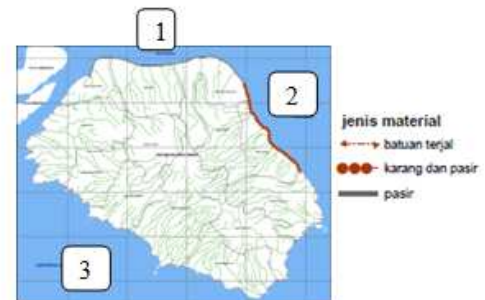


Gb.13. Identifikasi Sungai Hasil Ekstraksi Landsat (Kiri) Sungai dari Peta RBI (kanan)

namun pola aliran sungai ekstraksi Citra Landsat mempunyai kesamaan pola dengan pola aliran pada RBI. Hal ini dikarenakan pola aliran dari citra landsat tertutup awan. Jika tidak terganggu awan, citra landsat mampu digunakan untuk mendeteksi aliran sungai sedetail pola aliran peta RBI.

3. Analisa Jenis Material Pantai

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan material pantai Pulau Nusa



Gb.14. Jenis material terhadap relief pantai

Penida terbagi atas tiga segmen (gambar 14). Pembagian ini dibedakan atas kemiringan pantai. Segmen 1 mempunyai kemiringan lereng landai – datar material pasir, segmen 2 mempunyai lereng landai – sedang material pasir & karang, sedangkan segmen 3 mempunyai lereng curam - sangat curam material batu.

Pasir merupakan material hasil pengikisan batuan dari gempuran gelombang laut (hasil dari pecah gelombang). Endapan sungai (Alluvial cokelat kelabu) bertemu sedimen laut (Regosol cokelat kelabu) di muara sehingga pantai terbentuk sedimen campuran pantai (putih-cokelat).

Faktor Eksternal DAS

Faktor penyebab terjadinya perubahan pantai.

1. Hujan

Proses pelarutan batuan kapur oleh hujan tergantung dari kemurnian batuan dan intensitas hujan pulau. Diketahui dari data hujan dengan akumulasi rata rata 1654 mm/ periode, rata rata ini tergolong curah hujan yang cukup untuk perkembangan karst. Namun air hujan tidak membentuk aliran permukaan dan proses transport material dari hulu ke hilir sehingga

tidak mempengaruhi perubahan garis pantai yang signifikan.

2. Gelombang dan Arus



Gb.16. Gelombang *spilling* (kiri) dan gelombang *surging* (kanan)

Pergerakan sedimen akibat arus terlihat jika pantai mempunyai *continental shelf* yang luas, seperti pantai datar dengan profil dasar laut dangkal. Karena pantai datar Nusa Penida mempunyai profil dasar laut yang curam maka arus *longshore current* lebih bersifat merusak.

Jenis gelombang di perairan Nusa Penida surging dan spilling (Gb. 16). Gelombang spilling terjadi pada pantai yang landai seperti Pantai Toyapakeh, Sentral, sampai Suana. Sementara gelombang surging terjadi pada pantai curam seperti pantai sampel 1, dan pantai – pantai selatan. Jenis gelombang ini tidak berpengaruh besar terhadap abrasi dan sedimentasi.

KESIMPULAN

1. Identifikasi dan pemetaan garis pantai Citra Landsat Pulau Nusa Penida dalam bentuk garis mempunyai kesalahan rata-rata 8% dari keliling peta acuan (RBI skala 1:25.000), sementara dalam bentuk polygon mempunyai kesalahan rata-rata 0,6% dari luas peta acuan.
2. Perubahan garis pantai Pulau Nusa Penida tahun 1973, 1978, 1995, 2000 dan 2013 relatif stabil, ditemukan abrasi sepanjang pantai datar sebesar 5m per 5 tahun akibat profil dasar laut yang curam yang

tersebar di Kampung Sentral, Desa Toyapakeh bagian selatan, Kampung Mentigi. Potensi terbentuknya pro delta terdapat di Pantai Suana bagian selatan akibat aktifitas profil dasar laut yang landai dan adanya hamparan terumbu karang (segmen C) sebagai pelindung alami.

3. Pengaruh karakter internal dan eksternal terhadap abrasi yang terjadi di Nusa Penida belum sampai merubah posisi garis pantai karena pulau tersusun dari material karst yang resisten dan terjal (segmen pantai A dan D) dan adanya pelindung pantaiseperti pohon yang tumbang (segmen pantai A dan B), dan senderan (segmen pantai B).

DAFTAR PUSTAKA

Arief, Muchlisin., dkk. 2011. Kajian Perubahan Garis Pantai Menggunakan Data Satelit Landsat di Kabupaten Kendal. **Jurnal Penginderaan Jauh Vol.8**. Jakarta : LAPAN.

Kasim, Faizal. 2012. Pendekatan Beberapa Metode dalam Monitoring Perubahan Garis Pantai Menggunakan Dataset Penginderaan Jauh Landsat dan SIG. **Jurnal Ilmiah Agropolitan Vol 5**. Gorontalo : Universitas Negeri Gorontalo.

Tawan, I Gede. 2013. Karakteristik Kawasan Karst di Pulau Nusa Penida Kecamatan Nusa Penida Kabupaten Klungkung. **Jurnal Skripsi**. Bali.

Winarso, G., Syarif Budhiman dan Judijanto, 2001. **The Potential Application of Remote sensing Data for Coastal Study, Proceeding on 22nd Asian Conference on Remote Sensing**. CRISP NUS and Asian Association on Remote Sensing. Singapura.